

Б. И. ОГОРОДНИКОВ, В. И. КОЖЕВИН, академик И. В. ПЕТРЯНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ В СТРАТОСФЕРЕ

В 1967 — 1969 гг. с целью изучения стратосферного распределения влаги над средней частью Европейской территории СССР были выполнены 17 полетов аэростатов на высоты от 12 до 32 км. Отбор проб производился с помощью теплообменника — ловушки, охлаждаемой жидким азотом. Были предприняты все меры, чтобы до полета и в процессе пробоотбора исключить попадание посторонней влаги внутрь ловушки.

Перед полетом внутренняя полость ловушки прогревалась до 120° и тщательно высушивалась продувкой сухим азотом с точкой росы около -196° . Пробоотборная аппаратура располагалась на несколько десятков метров ниже оболочки аэростата и парашюта. После подъема аэростата на заданную высоту для испарения влаги, которая могла быть захвачена с Земли или в тропосфере, он дрейфовал не менее 30 мин. Затем открывались герметичные заслонки, и наружный воздух с постоянной скоростью прокачивался через ловушку. При этом заборное отверстие было вынесено в сторону от аппаратуры, а холодный воздух, прошедший через ловушку, вместе с испарившимся азотом отводился ниже аппаратуры.

После приземления аппаратура сразу же доставлялась в лабораторию. Ловушка прогревалась до 120° и продувалась сухим гелием, профильтрованным при -196° через фильтр ФП⁽⁵⁾ до полного прекращения появления следов влаги во входном участке U-образной стеклянной трубочки с фильтром Шотта, опущенной в жидкий азот.

Количество отобранной за полет влаги определялось путем взвешивания этой трубочки с точностью до 10 мг. Полнота извлечения влаги из ловушки составляла не менее 98%. При расчетах удельной влажности учитывалась также эффективность вымораживания и улавливания влаги в ловушке для средней высоты пробоотбора, найденная путем калибровки в термобарокамере для 13 и 32 км. Количество воздуха, прошедшее за время полета через ловушку, определялось двумя независимыми методами: по количеству израсходованного жидкого азота (независимо от высоты с точностью $\pm 6\%$) и по показаниям анемометра (на высотах 20 — 32 км с точностью $\pm 10\%$ и на высоте 13 км с точностью $\pm 54\%$). Полученные результаты представлены в табл. 1 и на рис. 1.

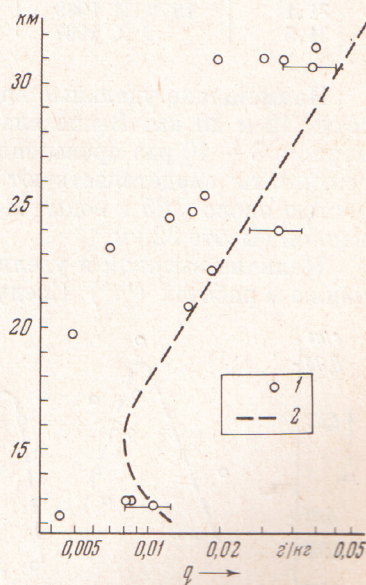


Рис. 1. Удельная влажность q стратосферного воздуха, рассчитанная по количеству жидкого азота, израсходованного на вымораживание влаги: 1 — данные экспериментов, 2 — среднее вертикальное распределение влажности в конце мая

Таблица 1

Результаты экспериментов по исследованию содержания влаги в стратосфере.

Средняя высота полета, км	Дата отбора пробы	Количество воды в про- бе, г	Эффективность вымораживания и улавливания влаги, %	Удельная влажность, г/кг	
				по анемометру	по жидкому азоту
12,4	27 III 1969	0,22	62,2	0,0035	0,0044
12,8	23 V 1968	0,36	60,4	0,0112	0,0107
12,9	5 IX 1968	0,60	65,3	0,0079	0,0084
13,0	11 VI 1968	0,29	65,2	0,0064	0,0081
19,8	12 IV 1968	0,29	75,0	0,0060	0,0048
20,9	4 VII 1969	0,84	82,8	0,0144	0,0146
22,4	21 X 1969	1,15	84,9	0,0192	0,0180
23,3	25 X 1967	0,44	79,2	0,0061	0,0069
24,0	20 V 1969	1,66	84,5	0,0341	0,0340
24,5	19 VI 1969	0,70	86,4	0,0104	0,0120
24,8	1 VII 1969	0,80	86,5	0,0174	0,0152
25,4	6 III 1968	0,78	83,2	0,0142	0,0163
30,7	29 V 1969	1,42	93,0	0,0470	0,0463
31,0	16 X 1967	1,20	84,2	0,0334	0,0353
31,0	23 VIII 1969	1,34	88,6	0,0193	0,0190
31,1	19 VIII 1969	1,60	92,2	0,0342	0,0295
31,5	7 X 1967	1,23	84,5	0,0495	0,0482

Наименьшие удельные влажности воздуха были зафиксированы на высотах 12 и 20 км. Выше влажность увеличивалась и на 31 — 32 км примерно в 5 — 10 раз превышала уровень 12 км. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о «влажной» стратосфере с удельной влажностью около 0,05 г воды на килограмм воздуха на максимально исследованной высоте 32 км.

Наличие высокой и увеличивающейся с высотой влажности отмечалось также в работах (^{1, 2}). Следует заметить, что каждая из полученных проб

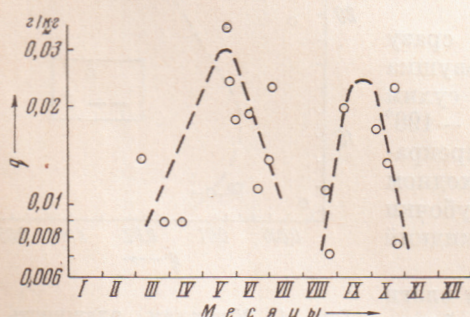


Рис. 2. Профили сезонных изменений удельной влажности q стратосферного воздуха по экспериментальным результатам, приведенным к высоте 24 км

является уникальной, так как до настоящих экспериментов из средней и верхней стратосферы было доставлено на Землю лишь 10 представительных образцов воды (^{3, 4}).

На первый взгляд колебания влажности на одной высоте могут показаться хаотическими. Однако, если все полученные результаты согласно представленной на рис. 1 кривой среднего вертикального распределения влажности в конце мая (эта кривая близка по характеру кривой, предложенной в (²)) экстраполировать, например, на высоту 24 км, где было отобрано

более трети всех проб, то проявляется определенная сезонность колебаний удельной влажности. Весной влажность постепенно увеличивается, достигая максимального значения в мае, рис. 2. Летом влажность уменьшается. В августе — сентябре вновь наблюдается ее увеличение, которое в октябре достигает весеннего уровня. Вслед за этим следует новый период уменьшения влажности. К сожалению, в зимние месяцы полеты не проводились, но судя по ходу кривой, в это время должна наблюдаться минимальная влажность. Существование весеннего и осеннего максимумов влажности

стратосферного воздуха, на наш взгляд, может быть связано со сменой струйных течений воздуха, приходящихся на апрель и август. Интересно, что именно в эти же периоды наблюдаются максимальные поступления из стратосферы естественной и искусственной радиоактивности. Если весенне-осенние опускания стратосферных масс воздуха являются причиной увеличения влажности на исследованных высотах, то это является доказательством существования выше 32 км еще более влажных слоев воздуха.

Авторы выражают благодарность В. И. Корпусову, В. И. Скитовичу, Г. Т. Рассомахину, Л. К. Гандуриной, Н. А. Соколову и Н. П. Петухову за помощь при проведении экспериментов и постоянный интерес к результатам исследования.

Физико-химический институт им. Л. Я. Карпова
Москва

Поступило
7 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. С. Малкевич, Ю. Б. Самсонов, Л. И. Копрова, УФН, 80, 1, 93 (1963).
² М. Гутник, Г. А. Салмела, Сборн. Влажность. Применение в различных областях, 2, 1968, стр. 104. ³ Ш. Стейнберг, С. Рорбу, Сборн. Влажность. Применение в различных областях, 2, 1968, стр. 37. ⁴ F. Brown, P. Goldsmith et al., Tellus, 13, 3, 407 (1961). ⁵ И. В. Петрянов, В. И. Козлов и др., Волокнистые фильтрующие материалы ФП, М., 1968.